

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Design method for high-rise base-isolated buildings with active control considering maximum response and maximum control force
著者(和文)	陳引力
Author(English)	Yinli Chen
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11860号, 授与年月日:2022年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:佐藤 大樹,元結 正次郎,盛川 仁,大風 翼,古谷 寛
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11860号, Conferred date:2022/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	建築学 都市・環境学	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(学術)
学生氏名： Student's Name	陳 引力		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	佐藤 大樹 准教授	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)		

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「Design method for high-rise base-isolated buildings with active control considering maximum response and maximum control force (アクティブ制御を併用した超高層免震建物の最大制御力と最大応答を考慮した設計手法)」と題し、以下の7章から成っている。

第1章「序論」は従来のパッシブ免震とそれよりさらなる制御性能が得られるアクティブ免震の背景を述べ、それらの応用例を紹介した。フィードバック制御を用いて構築したアクティブ免震制御系は、耐震設計と耐風設計にそれぞれ適しているフィードバックゲインを切り替えられることより、耐震設計と耐風設計のトレードオフを解決することが期待される。しかし、現状ではアクティブ免震の設計方法がなくかつ最大応答・最大制御力が数値シミュレーションより予測されることから、設計が非常に複雑である問題点を指摘した。この現状を受け、本論文の目的である「数値シミュレーションと試行錯誤を必要としないアクティブ免震制御系の簡易設計方法を提案すること」を本章で述べた。

第2章「線形制御系の耐震設計」では、線形制御系の等価パッシブモデルを構築することにより、従来のパッシブ制御で広く用いられている応答スペクトルをアクティブ免震に拡張し、最大応答と制御系の設計パラメータの関係性を陽な形で表した。また、地震波の応答スペクトルのみを用い、最大制御力を予測するための新しい制御力スペクトルを提案した。さらに、提案した方法を用い、設計クライテリアを満たす線形制御系の設計パラメータを試行錯誤と数値シミュレーションなしで決める簡易設計方法を提案した。

第3章「非線形制御系の耐震設計」では、2章で提案した方法を非線形アクティブ免震制御系に拡張した。具体的には、免震層に広く設置される履歴型ダンパーの等価線形化手法を用い、等価線形バネと線形ダッシュポットに置き換え、2章で示した等価パッシブモデルの構築方法に合わせ、等価線形モデルを構築した。また、非線形制御系のための簡易耐震設計方法を提案した。

第4章「線形制御系の風方向の耐風設計」では、2章で示した等価パッシブモデルの構築方法を多自由度系に拡張して、多自由度制御系の等価パッシブモデルを構築した。構築した等価モデルと風方向風力の平均成分を用い、静的な釣り合いで制御系の平均応答変位の予測式を提案し、平均変位から最大変位を予測するための変位のガストファクタをアクティブ制御に拡張した。また、制御力の方については、平均制御力の予測式と制御力のガストファクタという新しい概念を提案した。さらに、提案した予測方法を基に、線形制御系の風方向の簡易耐風設計方法を提案した。

第 5 章「線形制御系の風直交方向の耐風設計」は、風直交方向の設計の内容である。風直交方向風力は風方向と異なり、平均成分を持たないため、4 章の方法を適用できない。5 章では等価モデルの変位の伝達関数と風力のパワースペクトル密度 (PSD) を用い、変位の標準偏差から最大変位を予測するためのピークファクタをアクティブ免震に拡張した。また、制御力の方については、制御力の伝達関数を新しく提案することにより、制御力の標準偏差の予測式を提案した。そのため、最大制御力も制御力の標準偏差とピークファクタより予測することが可能になった。さらに、提案した予測方法を基づき、線形制御系の風直交方向の簡易耐風設計方法を提案した。

第 6 章「フィードバックゲインの切替」では、耐震設計と耐風設計で決めたフィードバックゲインを耐震用と耐風用に切り替える方法と注意点について述べた。また、設計で想定した外乱と異なる外乱が入力された場合の制御系の応答と制御力も示した。

第 7 章「結論」では、各章で得られた知見を総括し、本論文の結論と今後の課題について述べた。

以上を要するに、本論文はアクティブ免震制御系の設計の複雑さを解決するために、耐震設計と耐風設計のための最大応答・最大制御力の予測方法を提案した。また、提案した方法を用い、制御系の最大応答・最大制御力と設計パラメータの関係を陽な形で表現し、設計パラメータを試行錯誤と数値シミュレーションを行わずに決定する簡易設計方法を開発した。提案した方法は建築構造学分野における学術的な価値は高く、理論上貢献するところが大きい。したがって、本論文は博士（学術）の学位論文として十分な価値があるものとして認められる。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

¥

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	建築学 都市・環境学	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(学術)
学生氏名： Student's Name	陳 引力		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	佐藤 大樹 准教授	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

The title of this dissertation is "Design method for high-rise base-isolated buildings with active control considering maximum response and maximum control force" and it consists of 7 chapters.

The combination of base-isolation and active structural control (active base-isolation) improves the control performance by adjusting the natural period and damping ratio of the control system, and many researches show the effectiveness of active base-isolated buildings, there were still few applications of active base-isolated buildings. A significant reason for it could be considered as the control system designed in black-box approaches, causing a limited design outlook.

Chapter 1 "*Introduction*" explains the background of passive base-isolation, active base-isolation, shortcomings and limitations of a trial-and-error design method for control system. Moreover, Chapter 1 introduces the conventional design method for earthquake-resistant design and passive wind-resistant design, and the concept of equivalent model of active control system. Furthermore, Chapter 1 shows the research methodology to extend these passive design methods to active base-isolation.

Chapter 2 "*Linear earthquake-resistant design*" expresses the dependency of the maximum responses and control force on the design parameters of the control system using the equivalent model of the control system considering a linear base-isolated structures. Chapter 2 also presents a design method for determining the design parameters of the control system that satisfies the restrictions on maximum responses and control force without trial-and-error approaches and numerical simulations.

Chapter 3 "*Nonlinear earthquake-resistant design*" extends the estimation methods for maximum responses and control force and design presented at Chapter 2 to a nonlinear base-isolated structures. Equivalent linearization method is used to replace a nonlinear hysteretic damper with a linear spring and linear dashpot.

Chapter 4 "*Wind-resistant design on along-wind direction*" proposes the estimation method for the mean displacement and mean control force, gust factor for displacement and control force to estimate the maximum displacement and maximum control force on along-wind direction. The gust-factor method is extended to active base-isolation using the proposed estimation method. Moreover, Chapter 4 also develops a design method for along-wind direction without trial-and-error approaches and numerical simulations.

Chapter 5 "*Wind-resistant design on across-wind direction*" proposes the estimation method for the standard deviation of displacement and control force, peak factor for displacement and control force to estimate the maximum displacement and maximum control force on across-wind direction. The peak-factor method is extended to active base-isolation using the proposed estimation method. Then, Chapter 5 also develops a design method for across-wind direction without trial-and-error approaches and numerical simulations.

Chapter 6 "*Switch of feedback gain for wind-resistant and earthquake-resistant*" shows the switch method of feedback gain.

Chapter 7 "*Conclusion*" shows the conclusion and the future works of this dissertation.

This study proposed the methods for estimating the maximum responses and maximum control force of active base-isolated buildings subjecting to earthquake and wind disturbances. Moreover, this study devised the design methods for active base-isolated buildings considering both earthquake and wind disturbances that eliminates the trial-and-error approaches and numerical simulations.

Thus, this study contributes the structural engineering in civil engineering, and it deserves Ph. D

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).